

**Circuit arrangement for microcomputer-controllable inductors, capacitors and L/C circuits**

**Patent number:** DE4329705  
**Publication date:** 1995-03-09  
**Inventor:**  
**Applicant:** FROEHLICH REIMAR DR ING (DE)  
**Classification:**  
- **international:** H03H11/00; H01F21/00; H01G7/00; H03J5/24  
- **european:** H03H11/48, H03J1/00A, H03J1/00A3  
**Application number:** DE19934329705 19930902  
**Priority number(s):** DE19934329705 19930902

**Abstract of DE4329705**

Electronically controllable capacitors (C), in particular for radiofrequency-suitable applications, are implemented by C diodes. However, modulation distortion and other disadvantages can be a hindrance in different applications. Electronically controllable, radiofrequency-suitable inductors (L) are not commercially available at all. The novel integrated component (IC) according to the present invention is a help here: it comprises a mu C bus receiving circuit, a digital control circuit and an array-like arrangement of weighted Ls and/or Cs or predimensioned L/C circuits. Depending on the mu C control command, various values of L and/or C or filter characteristics are available at the terminals of the IC. This IC can be used to implement tracking filters which are resistant to overmodulation (overloading) and have a hitherto unknown complexity and changeover speed. The novel IC according to the present invention can also be incorporated in the tried and tested I<sub>2</sub>C bus control concept.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPS)**



(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 43 29 705 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**H 03 H 11/00**  
H 01 F 21/00  
H 01 G 7/00  
H 03 J 5/24

(21) Aktenzeichen: P 43 29 705.6  
(22) Anmeldetag: 2. 9. 93  
(23) Offenlegungstag: 9. 3. 95

(71) Anmelder:  
Fröhlich, Reimar, Dr.-Ing., 81927 München, DE

(72) Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Schaltungsanordnung für mikrorechnersteuerbare Induktivitäten, Kapazitäten und L/C-Schaltungen

(57) Elektronisch steuerbare Kapazitäten (C), insbesondere für hochfrequenztaugliche Anwendungen, werden durch C-Dioden realisiert. Aussteuerungsverzerrungen u. andere Nachteile können jedoch bei verschiedenen Anwendungen hinderlich sein. Elektronisch steuerbare hochfrequenztaugliche Induktivitäten (L) sind auf dem Markt überhaupt nicht verfügbar.

Hier hilft das neuartige integrierte Bauelement (IC) gemäß vorliegender Erfindung: Es besteht aus einer µR-Bus-Empfangsschaltung, einer digitalen Steuerschaltung und einer feldartigen Anordnung von gewichteten Ls und/oder Cs bzw. vordimensionierten L/C-Schaltungen. An den Anschlüssen des IC stehen - je nach µR-Steuerkommando - unterschiedliche Werte für L und/oder C oder Filtercharakteristika zur Verfügung.

Mit diesem IC lassen sich übersteuerungsfeste Trackingfilter in einer bisher nicht bekannten Komplexität und Umschaltgeschwindigkeit realisieren.

Das neuartige IC gemäß vorliegender Erfindung lässt sich auch in das bewährte I<sup>2</sup>C-Bus-Steuerkonzept eingliedern.

DE 43 29 705 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 070/151

10/32

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung, wie sie im Oberbegriff des Anspruches 1 beschrieben ist.

Schaltungsstrukturen mit mikrorechnersteuerbaren Induktivitäten (L), Kapazitäten (C) und vordimensionierten Filterzellen aus L's und C's (L/C-Schaltungen) gewinnen in dem Maße an Bedeutung, wie die Flexibilität der elektronischen Geräte zunimmt.

Elektronisch steuerbare C's sind in der analogen Steuertechnik weit verbreitet. Die Halbleiterhersteller haben durch ein breites Sortiment von Kapazitätsdioden (C-Dioden) die elektronische Filterabstimmung für hochfrequente Anwendungen ermöglicht. Allerdings haften den Halbleiternachbildungen für C's Nachteile an:

- begrenzte Aussteuerbarkeit durch Nichtlinearitäten
- eingeengter Wertebereich für C
- Temperaturgang entsprechend dem Halbleitermaterial
- jeder C-Diode muß über eine Steuerleitung die durch Abgleich vorermittelte Steuerspannung zugeführt werden.

Zur Überwindung dieser Nachteile muß man wieder auf Fest-C zurückgreifen.

Elektronisch steuerbare hochfrequenztaugliche L — von den Nachbildungen durch Leitungsbaulemente einmal abgesehen — sind auf dem Markt überhaupt nicht verfügbar und fehlen dem Entwickler deshalb als steuerbare Elemente im Filterdesign.

Bei den meisten Anwendungen genügt es, die Werte für L und/oder C schrittweise statt kontinuierlich zu ändern. Solche Anwendungen sind in der Nachrichtentechnik zu finden, wo Informationen in Kanalrastern übertragen werden und überall dort, wo das übertragene Signal durch die Wahl entsprechend kleiner Schrittweiten von L und/oder C nicht merklich leidet. Bisher sind zu dieser Problematik nur Teillösungen in verschiedenen Patentschriften bekanntgeworden. Es gibt derzeit auch kein Bauelement gem. Anspruch 1 der Erfindung auf dem Markt.

In DE 31 48 968 A1 wird eine integrierte Kondensatorstruktur, aus leitenden und dielektrischen Schichten aufgebaut, vorgestellt. Die Pfad-C's können durch verschiedene Halbleiterschalter zu- oder abgeschaltet werden. Damit lassen sich C-Anordnungen auf kleinstem Raum herstellen. Integrierte Anordnungen von schaltbaren L's werden nicht vorgestellt. Die Art der Ansteuerung der einzelnen Pfadschalter wird in dieser OS gar nicht definiert. Eine von außen durch Steuerkommandos veränderbare Kapazität wird durch diese OS nicht realisiert.

In DE-OS 28 37 076 wird ebenfalls eine integrierte Anordnung von Pfad-C's und Mesa-Transistoren als Pfadschalter vorgestellt. Auch hier wird die Art der Ansteuerung der einzelnen Pfadschalter nicht definiert. Auch mit dieser OS wird keine, von außen durch Steuerkommandos veränderbare Kapazität realisiert.

In DE 32 13 436 C2 wird ein durchstimmbares Bandfilter beschrieben, bei dem die Kreis-C's und -L's aus Pfadelementen zusammengesetzt werden. Die Pfadschalter werden lediglich symbolisch als mechanische Schalter dargestellt. Auch hier wird die Art der Ansteuerung der einzelnen Pfadschalter nicht definiert.

In DE 30 10 707 A1 wird ein durchstimmbarer Paral-

lenschwingkreis für übersteuerungsfeste Eingangsstufen von HF-Empfängern beschrieben, bei dem die schaltbaren Pfade sowohl L's als auch C's enthalten. Die Pfadschalter werden nur symbolisch dargestellt. Die Ansteuerung der Pfadschalter erfolgt hier aus einem Rechen- und Steuerwerk. Auch mit dieser OS wird kein universelles, von außen durch Steuerkommandos veränderbares Bauelement gemäß vorliegender Erfindung realisiert.

In OS 26 21 335 werden speziell für Belange von DA-Wandlern C-Strukturen auf Halbleitermaterial erzeugt und über FET-Schalter angesteuert. Die Anwendung der beschriebenen Anordnung ist auf DA-Wandler beschränkt.

Keine der genannten Lösungen ist geeignet, daraus eine Schaltungsanordnung für mikrorechnersteuerbare ( $\mu$ R-steuerbare) Induktivitäten, Kapazitäten und L/C-Schaltungen abzuleiten.

Vorliegender Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in einer für den Schaltungsentwickler rationellen und praxisorientierten Form die Steuerung von L's, C's oder vordimensionierten L/C-Teilschaltungen über einen  $\mu$ R-Steuerbus zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst, während Weiterbildungen der Erfindung in den Unteransprüchen gekennzeichnet sind.

Da die zu steuernden Anordnungen aus Elementen gleichen Typs zusammengesetzt sind (z. B. alles C's), ist die Bezeichnung "Array" naheliegend. Ein durch Mikrorechner ( $\mu$ R) steuerbares C wird deshalb im folgenden  $\mu$ CA, ein durch  $\mu$ R steuerbares L folglich  $\mu$ LA genannt. Stellen die Feldelemente selbst schon L/C-Teilschaltungen dar, so wird ein solches Bauelement  $\mu$ TA genannt.

Zur Erläuterung stellen die Zeichnungen dar:

Fig. 1 das Schaltbild für ein Doppel- $\mu$ CA, im dargestellten Beispiel mit I<sup>2</sup>C-Bus-Anschluß,

Fig. 2 das Blockschaltbild für den inneren Aufbau eines solchen Doppel- $\mu$ CA,

Fig. 3 einen Frequenzumsetzer für Fernsehsignale als Anwendungsbeispiel für Doppel- $\mu$ CA,

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel für einen schaltbaren Pfad mit Schalterdioden in einem  $\mu$ CA,

Fig. 5 ein Ausführungs- und Dimensionierungsbeispiel für ein  $\mu$ CA,

Fig. 6 ein Applikationsbeispiel für ein Trackingfilter mit Doppel- $\mu$ CA,

Fig. 7 ein Blockschaltbild für den inneren Aufbau eines  $\mu$ LA,

Fig. 8 ein Blockschaltbild für den inneren Aufbau eines  $\mu$ R-gesteuerten  $\mu$ TA mit geschalteten Parallelstrukturen als Vierpole,

Fig. 9 ein Blockschaltbild für den inneren Aufbau eines  $\mu$ TA mit geschalteten Serienstrukturen als Vierpole,

Fig. 10 ein Blockschaltbild für den inneren Aufbau eines  $\mu$ TA, dessen Elemente selbst  $\mu$ CA's sind.

Fig. 1 zeigt das Schaltsymbol für ein Doppel- $\mu$ CA und Fig. 2 zeigt als Blockdiagramm dessen inneren Aufbau. An den Pins C<sub>0</sub>-C<sub>0</sub> ist von außen die  $\mu$ R-steuerbare Kapazität C<sub>0</sub>, an den Pins C<sub>1</sub>-C<sub>1</sub> die  $\mu$ R-steuerbare Kapazität C<sub>1</sub> nutzbar.

SCL und SDA sind die externen Bussteuerleitungen. Für dieses Beispiel ist als  $\mu$ R-Steuerbus der verbreitete 2drähtige I<sup>2</sup>C-Bus gewählt. CA gestattet, durch äußere Beschaltung des Bauelementes die "Chip-Adressen" der beiden C-Arrays festzulegen. Natürlich wären auch per Software eingeschriebene Chip-Adressen denkbar (E<sup>2</sup>PROM intern erforderlich).

$V_{cc1}$  und  $V_{cc2}$  kennzeichnen die Pins für die Versorgungsspannungen für die interne Digitalsignalverarbeitung und für den Diodenpfadschalter.

Die Bus-Empfangsschaltung BE nimmt über den I<sup>2</sup>C-Bus die binären Steuerkommandos für die wertemäßige Festlegung von  $C_0$  und  $C_1$  auf, befreit sie von den Start- und Stopkonditionen des Busses und schiebt diese in das Schieberegister weiter. Von dort werden die Steuerwörter in die den jeweiligen C-Arrays zugeordneten Latches weitergegeben. Jedes Bit dieser Steuerworte öffnet oder schließt einen ihm zugeordneten Pfadschalter S<sub>IK</sub>. Die nach außen wirksame Gesamtkapazität  $C_0$  oder  $C_1$  setzt sich durch Addition aus den Pfadkapazitäten C<sub>IK</sub> in den parallel angeordneten Pfaden P<sub>IK</sub> zusammen.

Im folgenden wird ein Anwendungsbeispiel für ein Doppel-μCA beschrieben. Siehe hierzu Fig. 3.

Abstimmbare Umsetzer für terrestrische Fernsehsignale, die in Kabelnetze eingespeist werden sollen, müssen eine hohe Fremdsignalstörfestigkeit aufweisen.

In den US-PS 40 31 549 wird die Fremdsignalfestigkeit bei elektronisch abstimmbarem Empfangskanal dadurch erreicht, daß das Empfangssignal von 2 Saugkreisen flankiert wird, die bei der Abstimmung mitgeswept werden. Auch in DE-PS 31 25 725 C3 ist diese Methode für Fernsehtuner beschrieben. Diese Saugkreise sind mit C-Dioden aufgebaut.

Nachteilig bei solchen Realisierungen für terrestrische Umsetzer sind die immer knapp ausfallenden Reserven bzgl. Nebenaussendungen, welche die Folge von Verzerrungen der C-Dioden sind. Es müssen immer Kompromisse bzgl. Aussteuerbarkeit der C-Dioden-Schwingkreise und ihrer Selektion geschlossen werden.

Sind solche Umsetzer auch ausgangsseitig elektro-nisch auf einen gewünschten Kanal abstimmbar, kommt es wieder zu Aussteuerungsproblemen. Es ist zur Zeit kaum möglich, über Trackingfilter mit C-Dioden Nutzsignalpegel von mehr als 100 dB<sub>µ</sub>V in eine 75-Ω-Senke abzugeben unter Einhaltung der Forderung, daß Nebenaussendungen kleiner als 60 dBc sein sollen. Bisher werden diese Schwierigkeiten dadurch umgangen, daß die Trackingfilterung bei noch unbedenklich kleinen Signalpegen durchgeführt wird. Der gewünschte hohe Ausgangspegel kann dann erst anschließend durch stromintensive Verstärkermodule erzeugt werden. Auch sind Lösungen bekannt, bei denen eine Signalaufverstärkung mit Breitbandtransistoren durchgeführt wird, denen dann aber weitere mitgeswepte Saugkreise folgen müssen.

Bei Anwendung von μCA's gemäß der Erfahrung werden die genannten Nachteile vermieden. Wenn die μCA's speziell mit einer I<sup>2</sup>C-Bus-Empfangsschaltung ausgestattet sind, lassen sich diese Bauelemente bequem in das bekannte Steuerkonzept von PLL's und Trackingfiltern mittels Digital-Analog-Konvertern (DAC's) einbinden. Dieses Steuerkonzept ist ausführlich in DE 31 25 725 C3, DE 33 47 132 C1 und DE 33 32 206 A1 beschrieben.

Der Frequenzumsetzer erhält ein Eingangssignal S<sub>e</sub>, das durch Fremdsignale stark belastet sein kann. Das Eingangstrackingfilter 1 erfüllt mit einem Doppel-μCA die wichtige Bereinigung des Eingangssignals von unerwünschten Fremdsignalen. Flankierende, mitgeswepte Saugkreise sind nicht erforderlich. Die Weitabselektion wird durch einen mit Fest-Bauelementen aufgebauten Bandpaß 2 verbessert. Über einen Portbaustein PORT kann dieser Bandpaß umgeschaltet werden. Eine weitere Reinigung des Eingangssignals vor der Mischung erfolgt durch das zweite Trackingfilter 3. Da hier keine

Übersteuerungsprobleme mehr auftreten, können C-Diodenkreise mit DAC-Ansteuerung verwendet werden.

Die folgende Signalbearbeitung bedarf keiner weiteren Erläuterung. Das Trackingfilter 4 kann mit kleinen Signalpegeln gefahren werden, so daß der Einsatz von C-Dioden-Kreisen mit DAC-Abstimmung optimal ist. Gleiches gilt für einen evtl. erforderlichen Saugkreis 5.

Anders hingegen für das Ausgangs-Trackingfilter 6. Mit dem Leistungsverstärker 7 kann stromsparend selektiv ein großer Pegel für das Ausgangssignal erzeugt werden. Zur Bereinigung des Ausgangssignals von Verzerrungsprodukten wird hier ein Doppel-μCA gem. Erfahrung eingesetzt.

Im Speicherbaustein E<sup>2</sup>PROM sind die vom Abgleich des Gesamtgerätes gefundenen optimalen Einstellwerte für die I<sup>2</sup>C-Bus-Bausteine, einschließlich der μCA's, abgelegt. Der μC nimmt für jeden gewünschten Eingangs- und Ausgangskanal diese Einstellwerte, stellt für jeden anzusteuernden I<sup>2</sup>C-Bus-Baustein das erforderliche I<sup>2</sup>C-Bus-Protokoll zusammen und stellt somit alle Filter und die VCO-Frequenzen über die PLL's ein.

Ein Ausführungsbeispiel für einen geschalteten Pfad mit Schalterdioden innerhalb eines μCA zeigt Fig. 4. Für Einsatzfälle im Hochfrequenzbereich sind Schalterdioden als Pfadschalter besonders geeignet, da sie kleinste Durchlaßwiderstände mit kleinsten Sperrkapazitäten vereinen. Durch die Reihenschaltung von Schalterdioden (im dargestellten Beispiel 3 Stück D<sub>0</sub> ... D<sub>3</sub>) kann die Sperrkapazität des Pfadschalters auf Kosten seines dynamischen Serienwiderstandes verringert werden.

Jedes der binären Ansteuersignale aus dem zugeordneten Latch mit den Signalausgängen (0 ... N) steuert einen 2poligen Umschalter U<sub>0</sub> ... U<sub>N</sub>, um die Schalterdioden im Sperrzustand negativ vorspannen zu können. Diese Umschalter fungieren zudem als Pegelwandler zwischen den "logischen" Pegeln der LATCH-Ausgangsspannungen und der viel höheren Spannung V<sub>cc2</sub> für die Schalterdioden des Pfades. Diese Umschalter können mit komplementären FET's aufgebaut werden.

Die hochohmigen Widerstände R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub> in den Einspeisungswegen der Steuersignale in den Pfad und die Abblockkapazitäten C<sub>00</sub> dienen der Trennung von HF-Weg und digitaler Ansteuerung. C<sub>0</sub> ... C<sub>N</sub> sind die Pfad-C's des μCA. Aus diesen Pfad-C's setzt sich die von außen meßbare Gesamtkapazität C<sub>ges</sub> additiv zusammen.

Bei den Pfaden 0 ... (N - 1) und bei allen weiteren Figuren werden der Vereinfachung halber alle Bauelemente, die zur Funktion eines Pfadschalters erforderlich sind, nur noch durch die mechanischen Schaltersymbole S<sub>0</sub> ... S<sub>1</sub> repräsentiert.

In einer so direkten Art und Weise, wie in Fig. 4 dargestellt, ist es nicht vorteilhaft, μCA's aufzubauen, da die parasitäre Belastung, insbesondere bei Auswahl des kleinsten C für C<sub>ges</sub>, durch die parallel liegenden weggeschalteten N Pfade zu groß ist.

Ein Ausführungs- und Dimensionierungsbeispiel für ein komplettes μCA unter Berücksichtigung dieser Tatsache zeigt Fig. 5.

Zusätzlich zu den Pfadschaltern S<sub>0</sub> ... S<sub>8</sub> der parallel angeordneten Pfade P<sub>0</sub> ... P<sub>8</sub> mit den Pfadkondensatoren C<sub>0</sub> ... C<sub>8</sub> sind noch Trennschalter T<sub>IK</sub> angeordnet. Diese Trennschalter trennen die jeweils weggeschalteten Pfade von den wertmäßig kleinsten Pfad-C's ab. Sie können in beiden Querverbindungsleitungen, oder wie in Fig. 5 dargestellt, in nur einer angeordnet werden. Die zu ihrer Ansteuerung erforderlichen Signale müs-

sen ebenfalls von der ST erzeugt werden. Die Signalleitungen für diese Trennschalter und auch die meisten Pfadschalter sind — um die Übersichtlichkeit der Figuren zu wahren — nicht dargestellt.

Die an den  $T_{IK}$  angemerkten C-Werte zeigen die jeweilige parasitäre Belastung des Pfad-C unter der Voraussetzung, daß die parasitäre Kapazität eines einzelnen geöffneten Pfadschalters  $S_1$  0,2 pF beträgt. Statt eines Latches, das als Ausführungsbeispiel die Ansteuersignale für die Pfadschalter in den Fig. 2 und 4 lieferte, wird hier und in allen folgenden Figuren nur noch die Steuerschaltung ST symbolisiert dargestellt. In der Tat ist für die Realisierung der Steuerfunktion der Pfadschalter die Verwendung eines Latches nicht zwingend. Auch ein interner  $\mu$ C zur Erzeugung der Steuersignale ist möglich.

Die Dimensionierung der Pfad-C's:  $C_0 \dots C_8$  wird anhand einer konkreten Anwendung erläutert:

Es soll ein 2-Kreis-Trackingfilter für TV-Anwendungen mit  $\mu$ CA's aufgebaut werden, das von Sonderkanal  $S_3 \dots S_{20}$  abstimmbar sein soll. Die Schwingkreis-L's sollen 36 nH betragen.

### 1. Realisierungsvariante

Läßt man bei  $S_{20}$  eine Abweichung von 2 MHz bzgl. der optimalen Frequenz-Mitteneinstellung des Filters zu, muß die kleinste C-Schrittweite 0,1 pF betragen. Damit ergeben sich an die Pfad-C's des  $\mu$ CA folgende Forderungen:

8,0 pF ... 0,1 pF ... 50 pF.

Mit nur 9 Pfaden  $P_0 \dots P_8$  einer binären Werteanordnung der Pfad-C's ist der geforderte C-Bereich mit dieser Variante abdeckbar. Daraus ist ersichtlich, daß eine binäre Bemessung der Elemente des  $\mu$ CA sehr vorteilhaft ist. Das Dimensionierungsergebnis für diese Anwendung ist in Fig. 5 dargestellt, die zugehörende Applikationsschaltung mit externer Beschaltung in Fig. 6. Auf diese Weise ist ein Tracking-Bandfilter entstanden.

### 2. Realisierungsvariante

Alle Pfad-C's sind exakt den Frequenzen des TV-Kanarlasters entsprechend dimensioniert. Insbesondere die kleinsten Pfad-C's, also  $C_0, C_1, C_2$  müssen dann unter Berücksichtigung der parasitären Belastung der anderen Pfade dimensioniert werden. Das  $\mu$ CA muß mit 26 Pfaden ausgeführt werden. Diese Realisierungsvariante ist folglich sehr aufwendig und wird nicht weiter beachtet.

Ein Ausführungsbeispiel für ein  $\mu$ LA zeigt Fig. 7.

Es handelt sich um eine Serienschaltung der Pfad-L's, die durch abzweigende Pfade  $P_0 \dots P_N$  an beliebiger Stelle angezapft werden kann. Wenn die Teilinduktivitäten  $L_0 \dots L_N$  magnetisch verkoppelt ausgeführt werden (z. B. auf einem Ring- oder Doppellockern gewickelt), können Windungszahlen eingespart werden im Vergleich zu magnetisch getrennten Pfad-Induktivitäten. Zusätzlich zu den funktionell notwendigen Pfadschaltern  $S_0 \dots S_N$  dieser seriellen Struktur sind auch hier noch zusätzliche Trennschalter  $T_{IK}$  sinnvoll. Sie können in Serie zu den Pfadschaltern, wie im Beispiel von Fig. 7 dargestellt, oder auch in den abzweigenden Pfaden angeordnet sein und verringern parasitäres Übersprechen über die jeweils geöffneten Pfadschalter. Die von außen meßbare Gesamtinduktivität  $L_{ges}$  setzt sich aus den

Feldelementen  $L_0 \dots L_N$  dieses  $\mu$ LA zusammen.

Ein Ausführungsbeispiel für ein  $\mu$ TA mit geschalteten Parallelstrukturen als Vierpole zeigt Fig. 8. Im Gegensatz zur Parallelstrukturen, deren Feldelemente (wie z. B. die Kondensatoren) nur 2-Pole sind, müssen hier je Pfad 2 Pfadschalter  $S_{10}$  und  $S_{11}$  angeordnet werden, um gegenseitige impedanzmäßige Belastungen der Feldelemente auszuschließen. Die Feldelemente sind Teilschaltungselemente  $TS_1$ , von denen ein einzelnes oder mehrere gleichzeitig zugeschaltet werden können. Eventuell können auch hier gegenseitige Beeinflussungen der  $TS_1$  durch zusätzliche Trennschalter  $T_{IK}$  vermindert werden. Es gilt sinngemäß das in der Erläuterung von Fig. 5 Gesagte.

Für die Ausgestaltung der Teilschaltung  $TS_0$  in Pfad  $P_0$  ist zum besseren Verständnis ein willkürliches Filterbeispiel gewählt.

Mit diesem  $\mu$ TA könnte folglich eine Filtercharakteristik  $W_{ges}(f)$  gesteuert werden, deren Bandpaßstellen veränderbar sind.

Ein Ausführungsbeispiel für ein  $\mu$ TA mit geschalteten Serienstrukturen als Vierpole zeigt Fig. 9.

Im Gegensatz zu Serienstrukturen, deren Feldelemente (wie z. B. die Induktivitäten) nur 2-Pole sind, müssen auch hier je Pfad 2 Schalter  $S_{10}$  und  $S_{11}$  angeordnet werden, um gegenseitige impedanzmäßige Belastungen der Feldelemente  $TS_1$  auszuschließen. Eventuell können auch hier gegenseitige Beeinflussungen der  $TS_1$  durch zusätzliche Trennschalter  $T_{IK}$  vermindert werden. Es gilt sinngemäß das in der Erläuterung von Fig. 7 Gesagte.

$\mu$ TA's können auch so aufgebaut werden, daß dessen Feldelemente selbst wieder  $\mu$ TA's sind.

Ein Ausführungsbeispiel für ein  $\mu$ TA, dessen Feldelemente  $\mu$ CA's sind, zeigt Fig. 10.

Die 3 internen  $\mu$ CA's bilden eine über BE und SE steuerbare T-Struktur aus Kondensatoren, die durch äußere hinzugeschaltete Bauelemente  $L_1, L_2, C_1, C_2$  zu einem funktionstüchtigen Filter ergänzt wird.

Weiterhin können  $\mu$ TA's aus gemischten Strukturen bestehen. So können Vierpole in geschalteten Parallelstrukturen selbst aus geschalteten Serienstrukturen bestehen, und Vierpole in geschalteten Serienstrukturen können aus geschalteten Parallelstrukturen bestehen. In beliebiger Mischung können zu den geschalteten Vierpolen auch Zweipole aus L's oder C's hinzugefügt sein. Zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussungen gelten die bereits gegebenen Hinweise bezüglich Anordnung von Pfad- und Trennschaltern.

Mit  $\mu$ CA's,  $\mu$ LA's und  $\mu$ TA's lassen sich auf diese Weise HF-taugliche, bei Bedarf auch sehr schnell umschaltbare Filtercharakteristika realisieren (wenn als steuernder  $\mu$ R-Bus ein Parallelbus gewählt wird). Der Grad bzw. die Komplexität der mit diesen Bauelementen gemäß Erfindung realisierbaren Trackingfilter kann im Vergleich zu den bisher mit C-Dioden aufgebauten Trackingfiltern enorm gesteigert werden. Damit eröffnen sich bisher nicht bekannte Anwendungen. Auch soll noch einmal erwähnt werden, daß diese Filter sehr austeuерungsfest und temperaturstabil sind. Wertebereichseinschränkungen, wie sie beim Einsatz von C-Dioden beachtet werden müssen, entfallen. Im Gegensatz zu Trackingfiltern mit C-Diodenabstimmung müssen keine Gleichspannungspiegel mehr zugeführt werden. Das ermöglicht eine höhere Packungsdichte der Trackingfilter.

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung für mikrorechnersteuerbare ( $\mu$ R-steuerbare) Induktivitäten (L), Kapazitäten (C) und L/C-Schaltungen, bestehend aus einer Bus-Empfangsschaltung BE, einer Steuereinheit ST, elektronischen Schaltgliedern und einer Vielzahl von gewichteten L's und/oder C's oder von L/C-Schaltungen, die durch die Steuereinheit ST ausgewählt und kombiniert werden können, dadurch gekennzeichnet, daß die BE, die ST, die elektronischen Schaltglieder und die Vielzahl von gewichteten L's und/oder C's oder von L/C-Schaltungen in einem einzigen integrierten Bauelement vereint sind und zumindest teilweise an den Anschlüssen des integrierten Bauelementes für äußere Beschaltungen und Applikationen zur Verfügung stehen und daß über die BE der  $\mu$ R-steuerbare Einstelleffekt von außen erreicht werden kann.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl von gewichteten C's oder/und von L/C-Vierpolen in parallelen Pfaden  $P_0 \dots P_N$  angeordnet ist und daß zusätzlich zu den Pfadschaltern  $S_I$  bei C's als Pfadelemente bzw.  $S_{IK}$  bei Vierpolen als Pfadelemente noch Trennschalter  $T_{IK}$  in einer oder in beiden Querverbindungsleitungen angeordnet sind.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl von gewichteten L's oder/und von L/C-Vierpolen seriell angeordnet ist und die zugehörenden Pfade  $P_0 \dots P_N$  eine Abzweigstruktur mit den Pfadschaltern  $S_I$  bei L's als Pfadelemente bzw.  $S_{IK}$  bei Vierpolen als Pfadelemente bilden und daß noch zusätzliche Trennschalter  $T_{IK}$  in Serie zu den Pfadschaltern oder auch in den abzweigenden Pfaden angeordnet sind.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß interne aus L's und/oder C's oder aus L/C-Vierpolen zusammengesetzte Schaltungen gem. Ansprüchen 2 und 3 selbst aus Schaltungen gem. den Ansprüchen 2 und 3 bestehen.

5. Schaltungsanordnung nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die L/C-Vierpole in geschalteten Parallelstrukturen selbst aus L/C-Vierpolen in geschalteten Serienstrukturen bestehen und umgekehrt und daß in beliebiger Mischung zu den geschalteten L/C-Vierpolen auch Zweipole aus L's und C's hinzugefügt sein können.

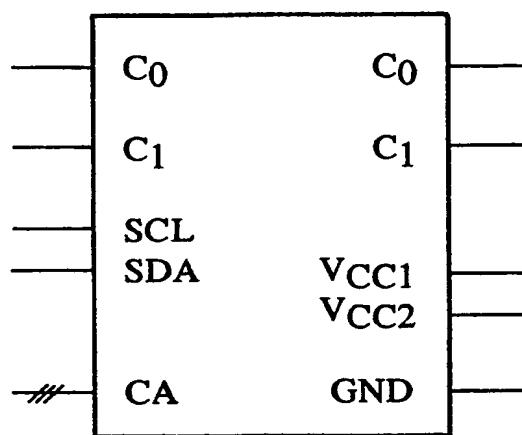
6. Schaltungsanordnung nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente- oder Übertragungsgrößen der Teilschaltungen binär gestaffelt sind.

7. Schaltungsanordnung nach Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die über  $\mu$ R-Bus von außen steuerbare Gesamtanordnung mehrfach in einem integrierten Bauelement vorhanden ist.

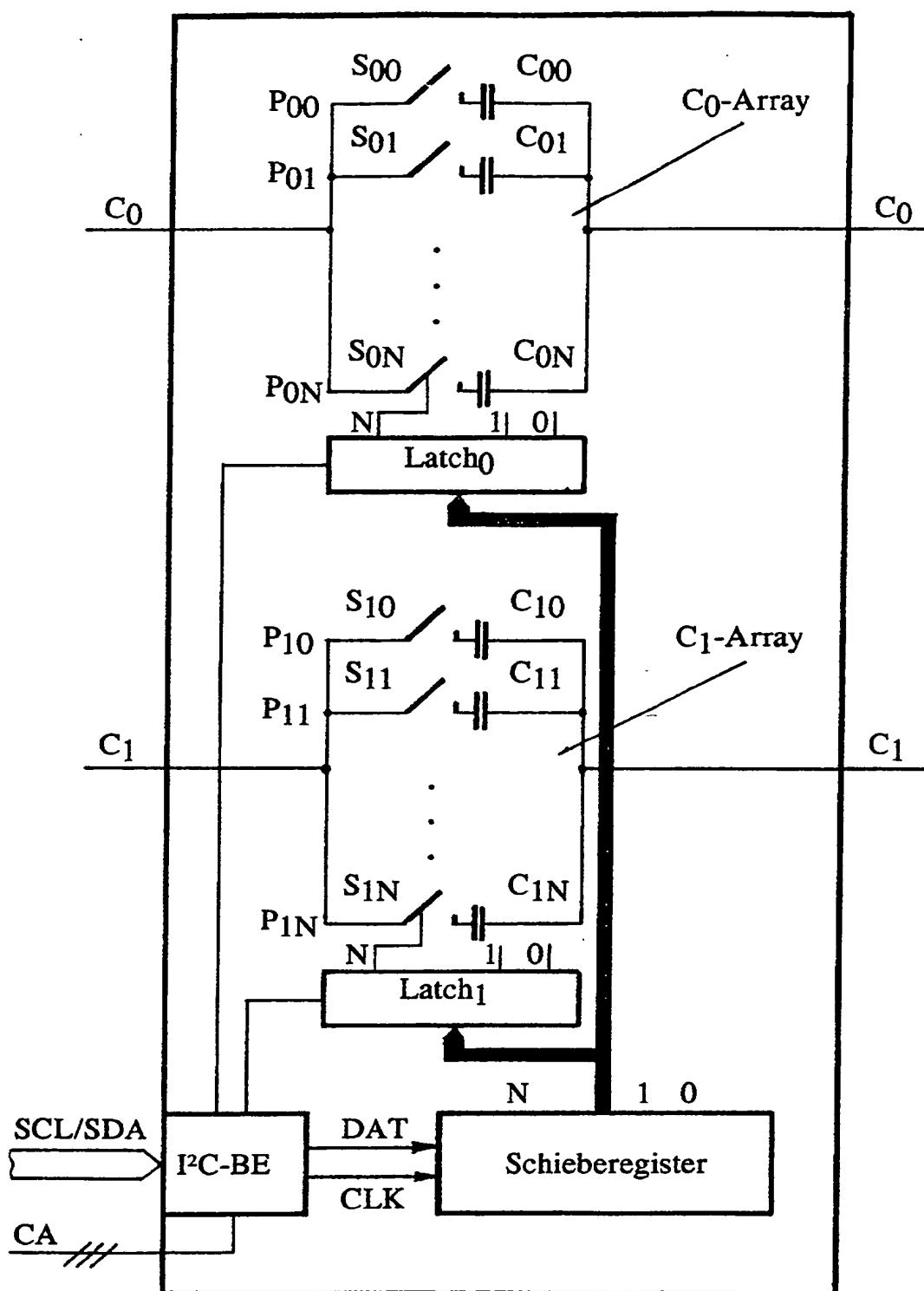
---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**



**Fig. 1**

**Fig. 2**

408 070/151

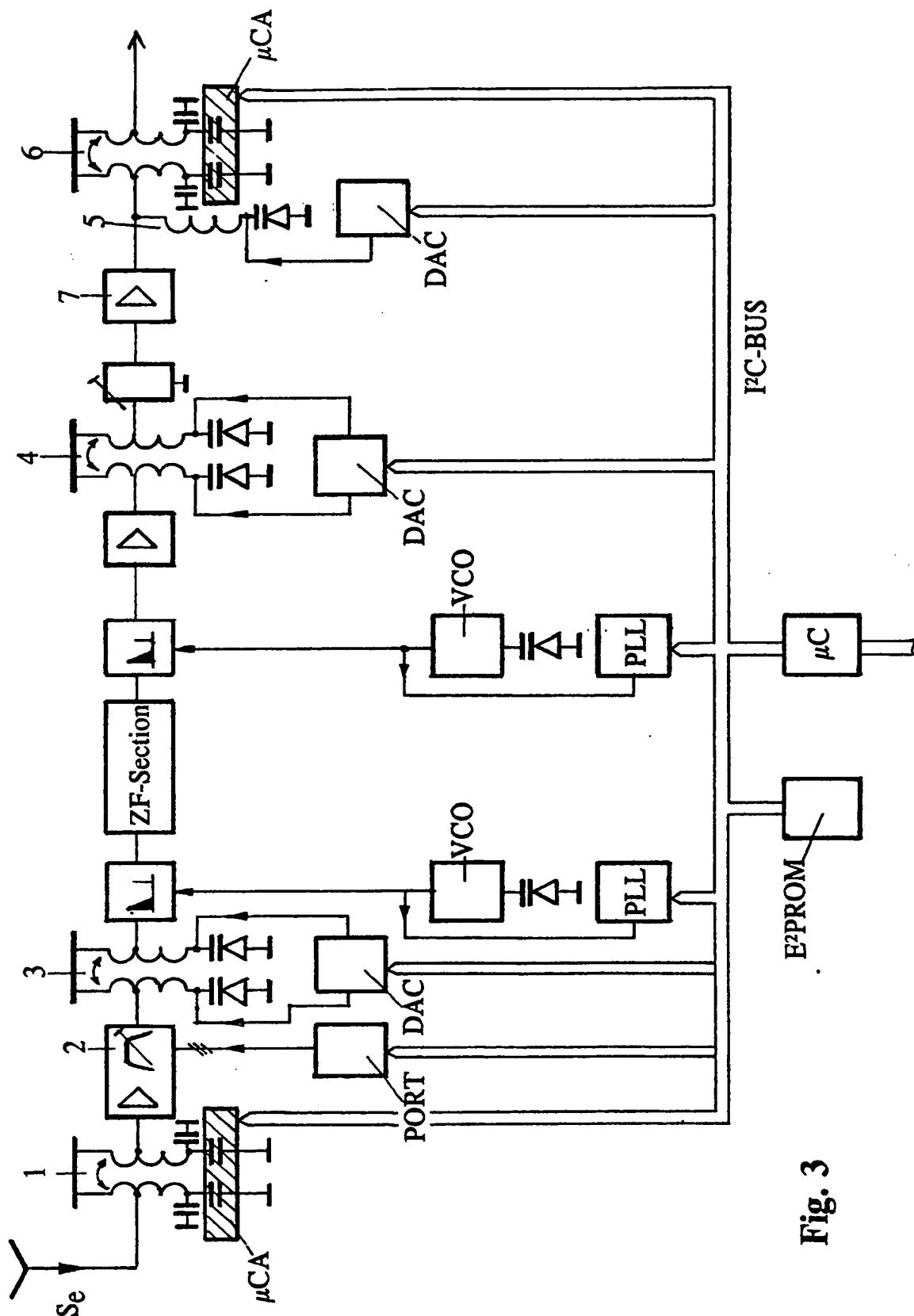


Fig. 3

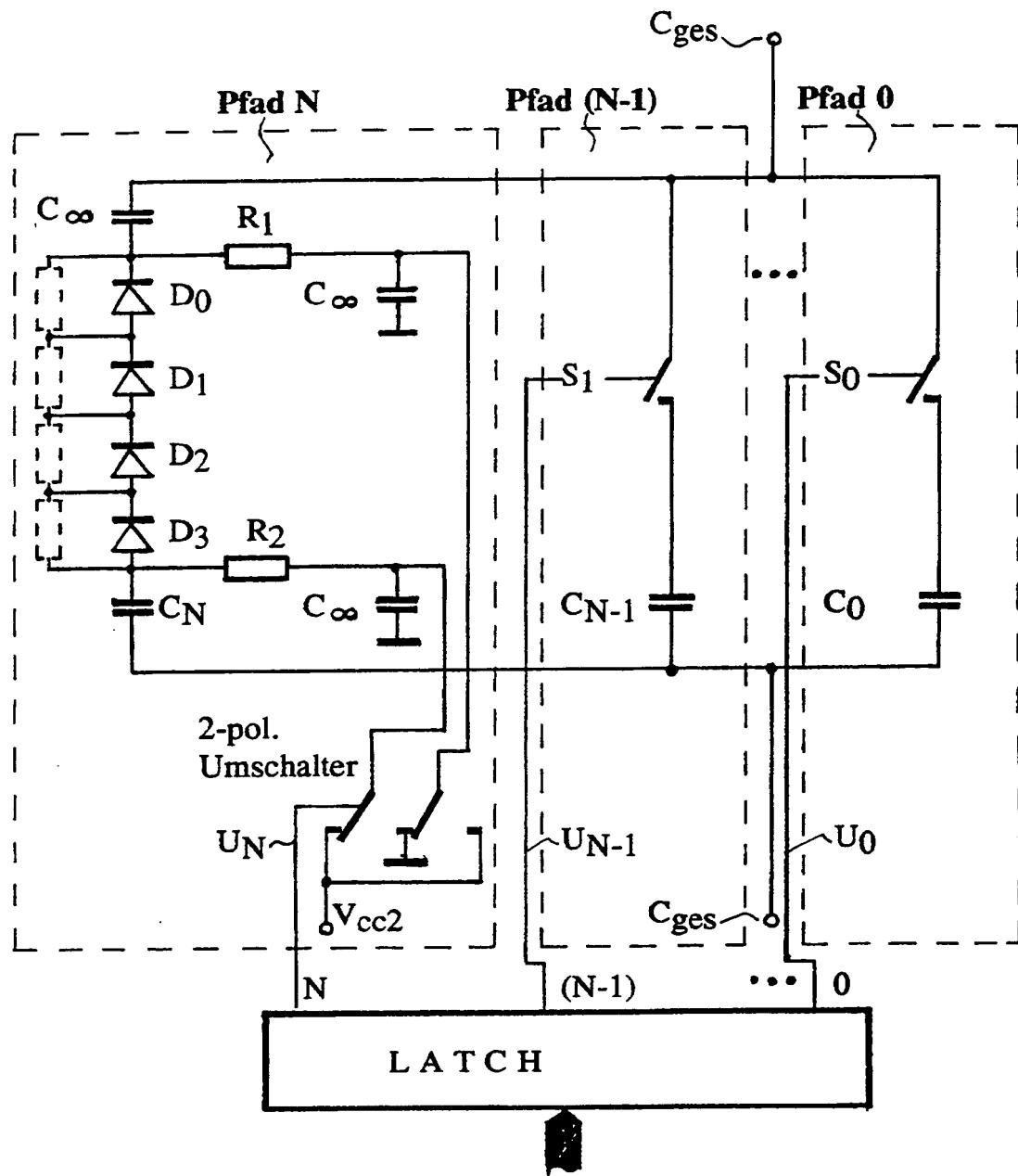


Fig. 4

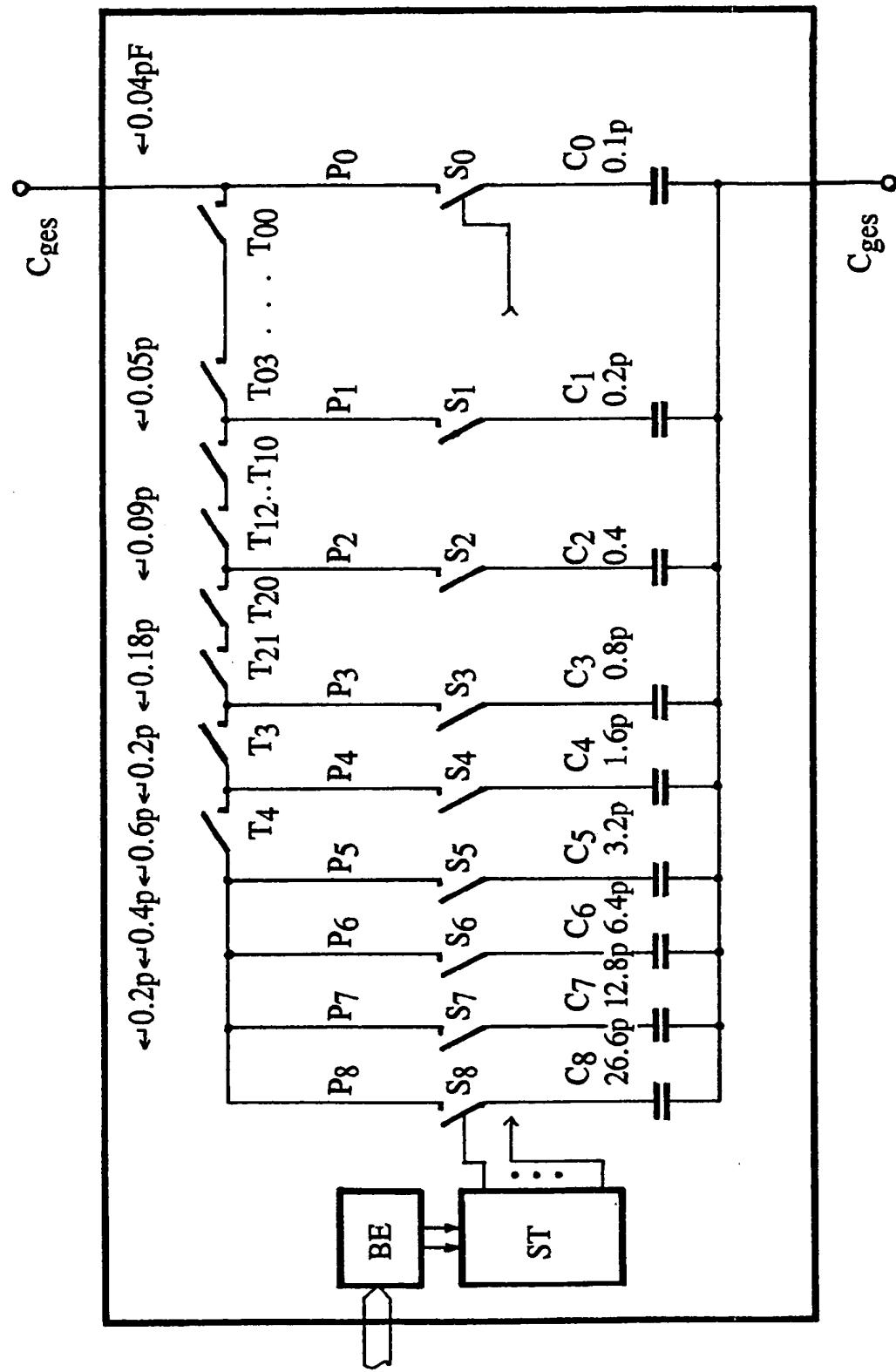


Fig. 5

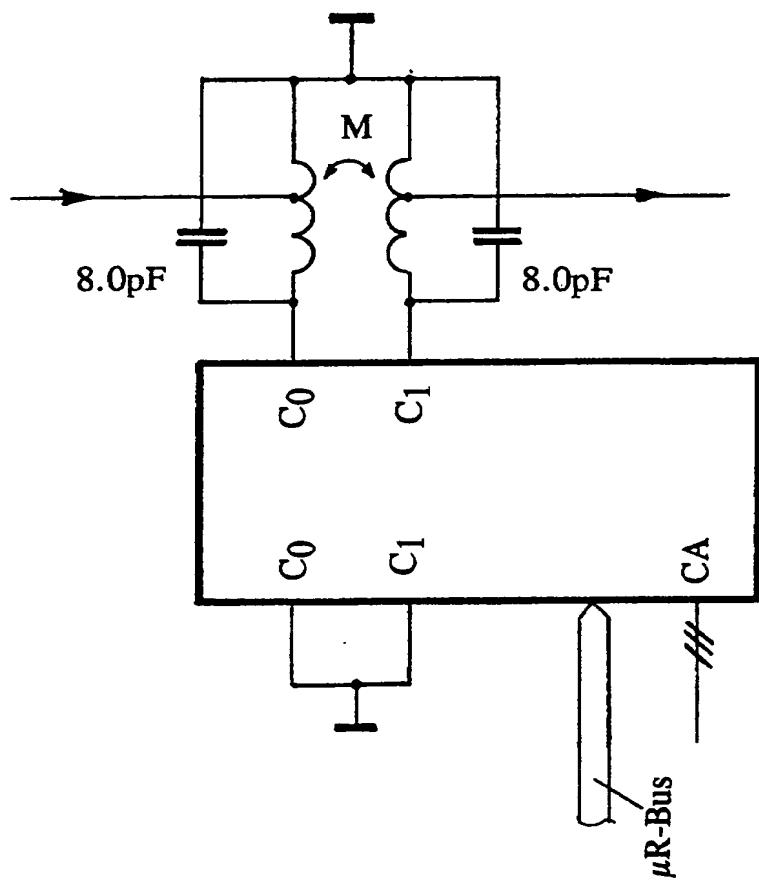
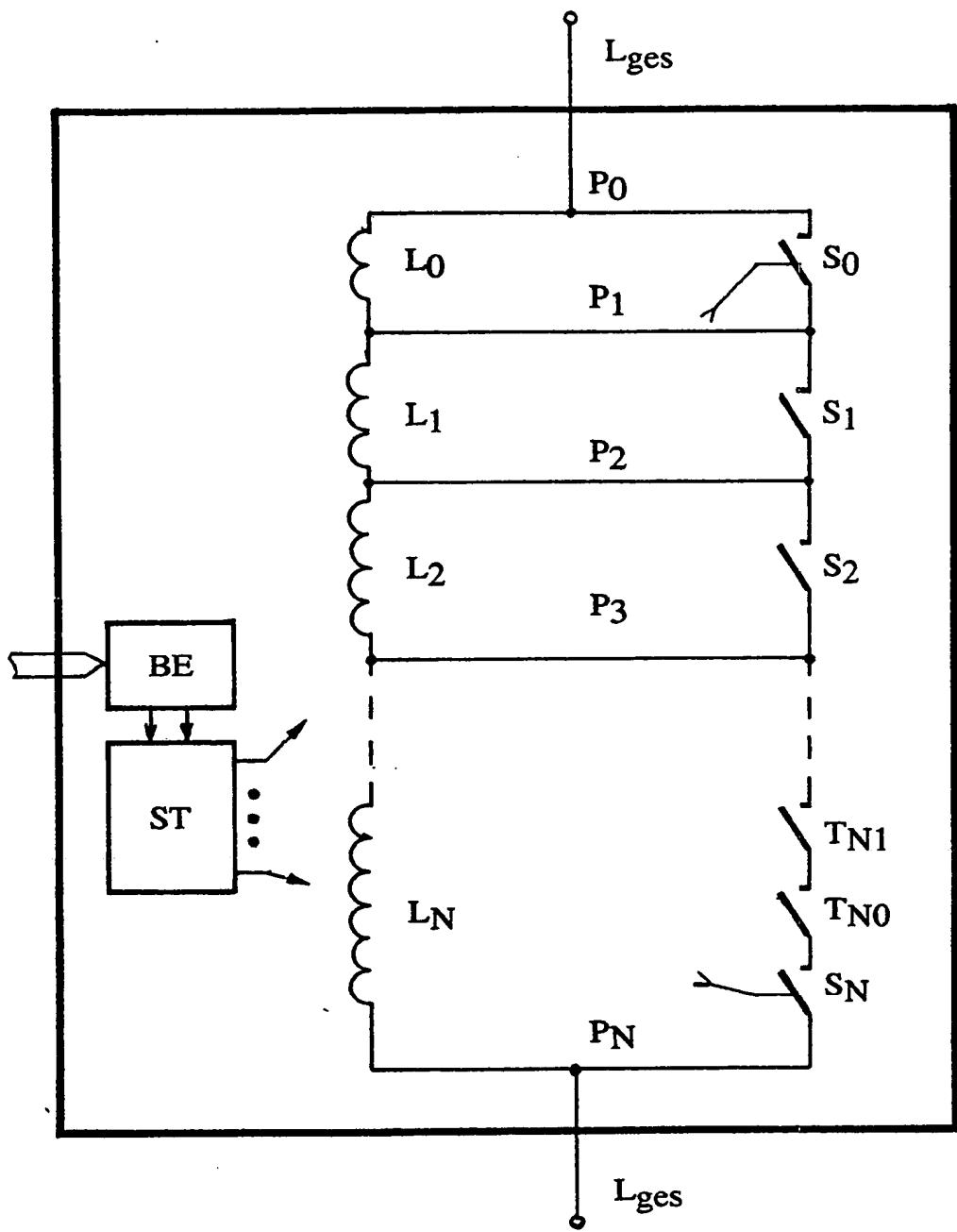


Fig. 6



**Fig. 7**

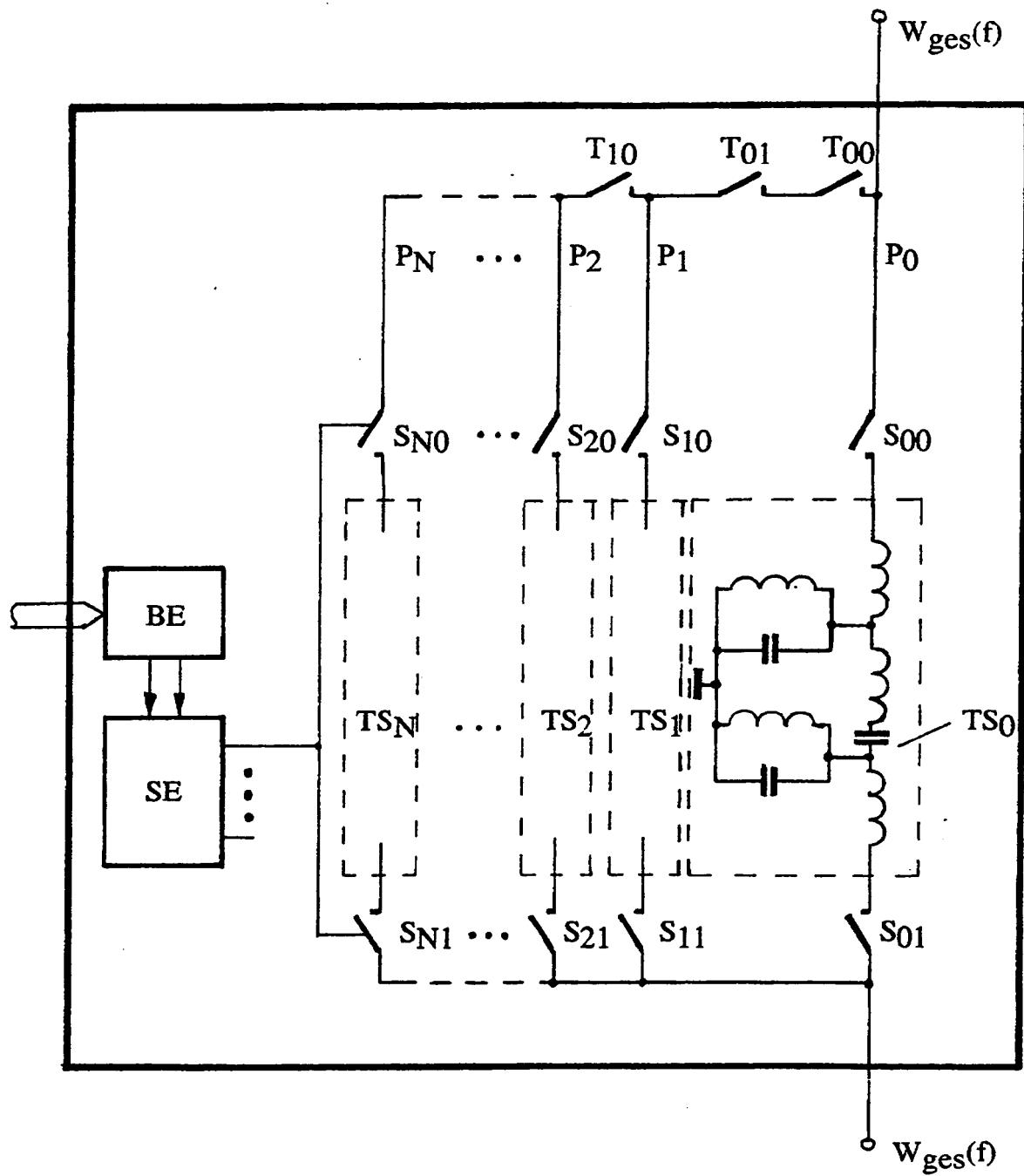


Fig.8

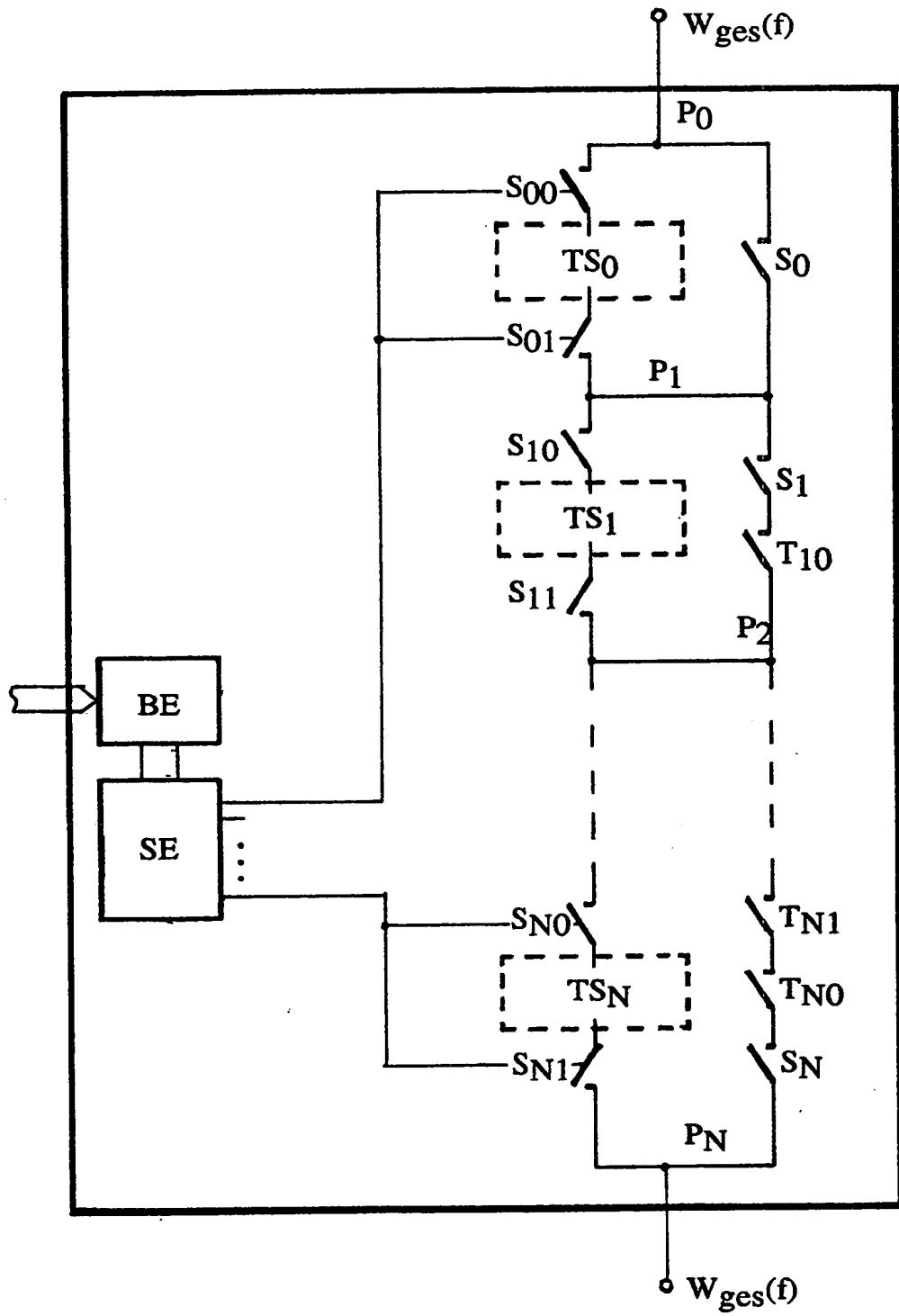


Fig. 9

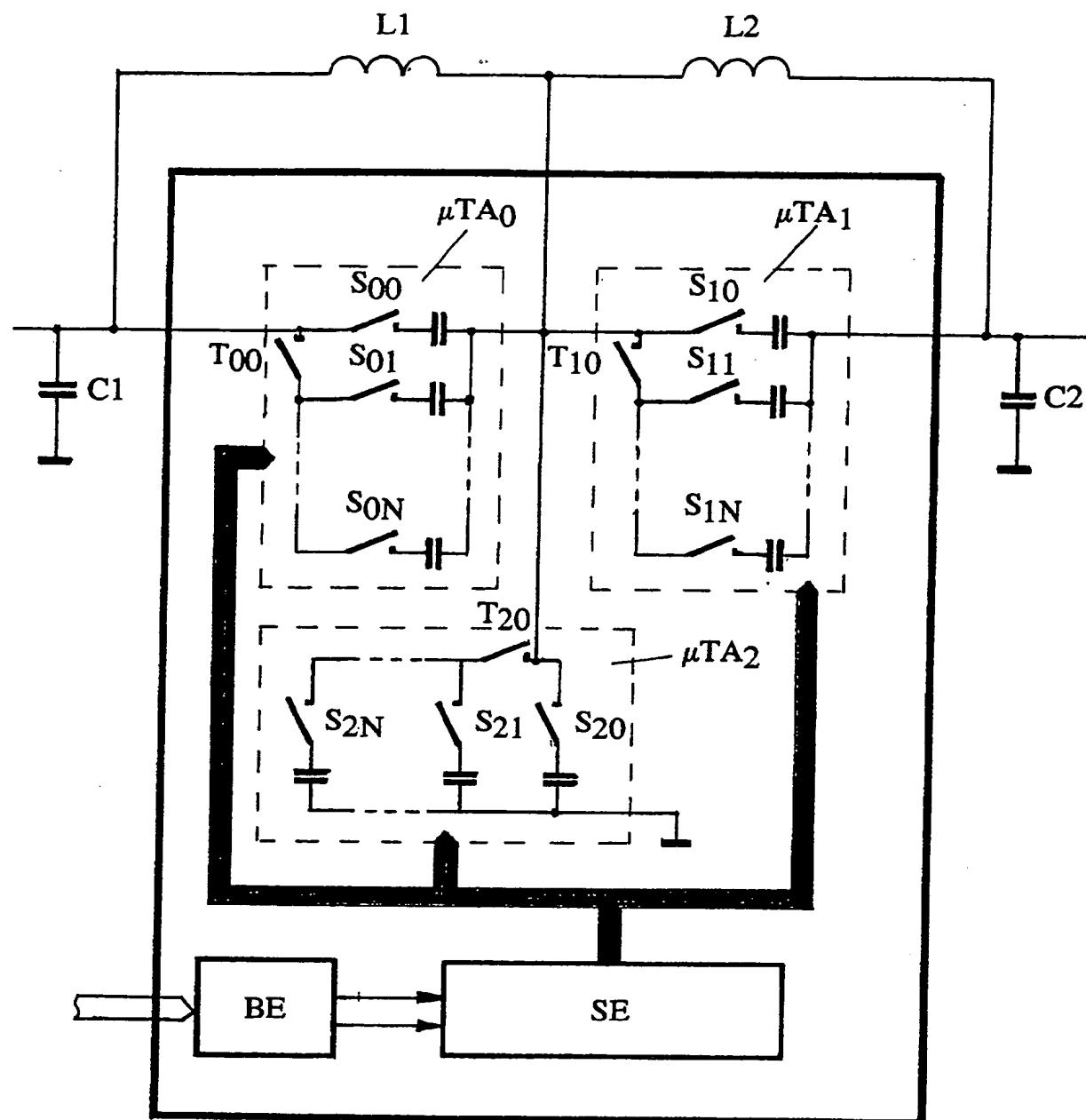


Fig. 10